

„Szemestermények korszerű szárítási, tárolási,
feldolgozási és mérési technológiái”
Gödöllő, 2018

Amit a kapacitív gabona nedvességmérésről tudni kell

Dr. Gillay Zoltán, adjunktus

Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar

Fizika-Automatika Tanszék



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Bemutakozás

2000-től Szent István Egyetem, Budapest,
Élelmiszertudományi Kar, Fizika-Automatika Tanszék

- Részt vettem az új UGMA gabona nedvességmérő rendszer finomításásában és adaptálásában dr. David B. Funk-kal
 - PhD címe: Dielektromos nedvességmérők kalibrációátvitelét befolyásoló tényezők
- 2010-2014 vendég kutató voltam az USDA Federal Grain Inspection Service, National Grain Center-ben

UGMA műszerek



**Perten
Aquamatic 5200
Grain Moisture Tester**



**Dickey John
GAC 2500
Grain Analysis Computer**

Gabona nedvességmérés

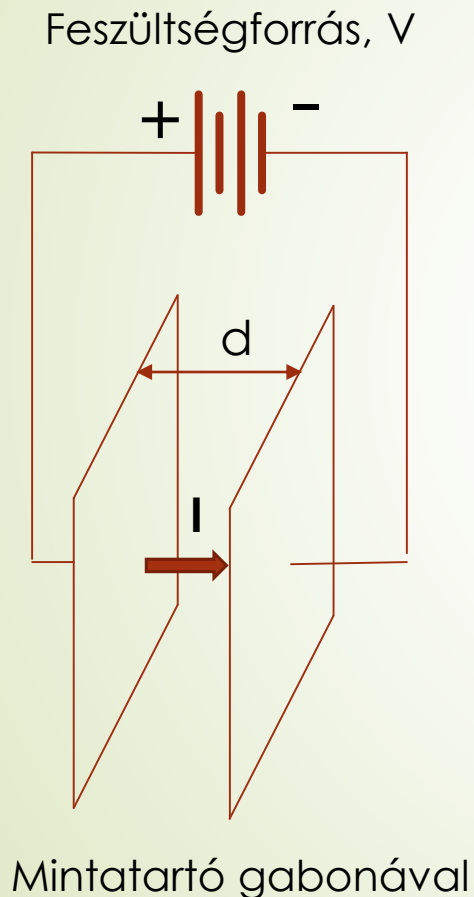
Szükséges a gabonanedvesség mérése

- Feldolgozás során technológiai szerepe van -> kevésbé pontos mérés
- Kereskedelemben ármeghatározó szerepe van -> pontos mérés

Nedvességmérési módszerek

- Kémiai módszerek
 - Referencia módszer: szárítószekrényes nedvességmérés
- Gyors nedvességmérési módszerek
 - Közeleli infravörös technológia
 - Vezetőképességen alapuló
 - Kapacitív vagy dielektromos mérés
 - Mikrohullámú technológia

Vezetőképességen alapuló nedvességmérők

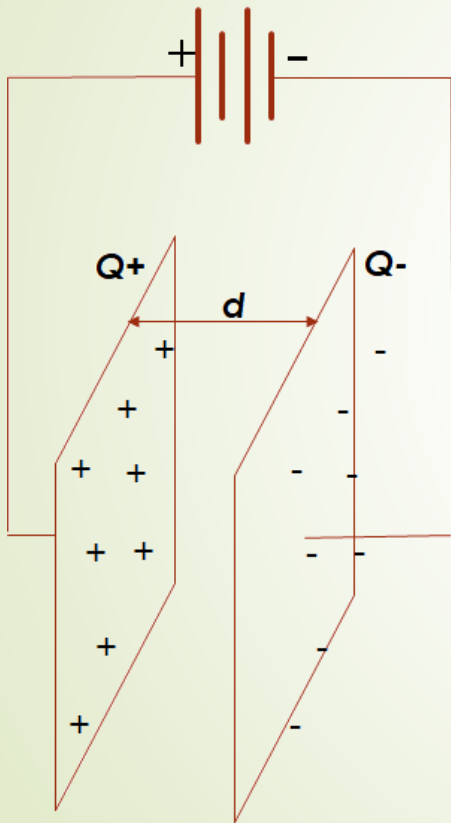


- A gabona vezeti az áramot
- Az áramerősség mérésével meghatározható a vezetőképesség
- A vezetőképesség függ a töltéshordozók számától és mozgékonyágától
- A nedvességtartalom közel arányos a vezetőképesség logaritmusával
- A vezetőképesség nagyon érzékeny a szemcsék közti felületek tulajdonságaira, ezért szükséges a darálás, a keverés és a konzisztens tömörítés Még így is elmarad a kapacitív nedvességmérők megbízhatósága mögött

Kapacitív - dielektromos - nedvességmérők



Kondenzátor → Dielektromos állandó



Mintatartó gabonával

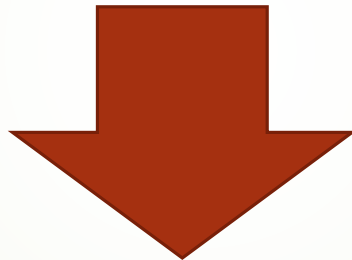
- A kondenzátor jellemzője az elektromos kapacitás – mennyi töltést képes tárolni, úgy, hogy a lemezek közti feszültség 1 V
- A kapacitás egyrészt függ a tesztcella geometriai paramétereitől
- Másrészt függ a tesztcellában lévő anyagtól, attól, hogy az anyag mennyire polarizálódik
- A polarizálódást az anyag dielektromos állandója jellemzi
 - Valós tesztcella esetén a kapacitás közel annyi szorosára nő, amennyi az anyag dielektromos állandója

$$C \approx \varepsilon \cdot C_{\text{üres}}$$

Dielektromos állandó és nedvességtartalom

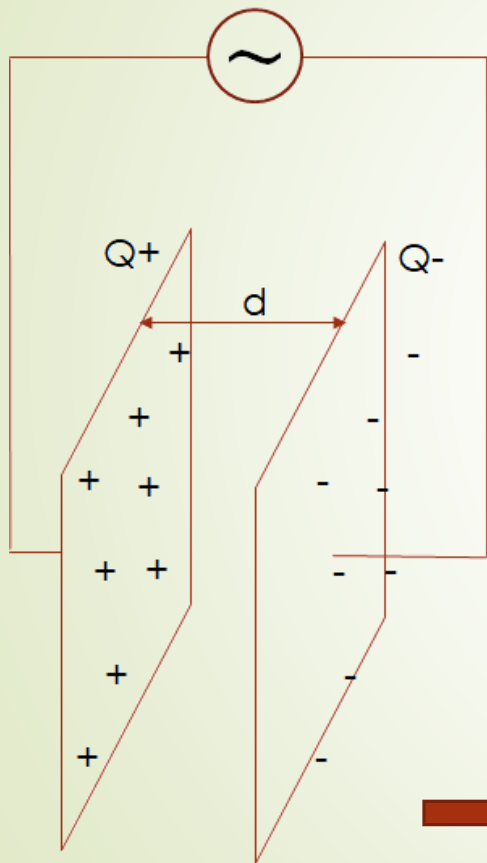
Szobahőmérsékletű víz dielektromos állandója $\epsilon' = 78.5$

Egyéb összetevőkre a dielektromos állandó $\epsilon' = 2 - 3$



- A dielektromos állandó szorosan összefügg a nedvességtartalommal

Kapacitív - dielektromos - nedvességmérés



Alacsony frekvencián mérhető a váltakozó feszültség hatására létrejövő áram

- Ebből könnyedén számolható a komplex impedancia
- A komplex impedanciából a testcella geometriáját is figyelembe véve számolható az ún. komplex permittivitás



Komplex Permittivitás (Relatív)

$$\varepsilon = \varepsilon' - j \cdot \varepsilon''$$

Valós rész

ε' - Dielektromos állandó

Tárolt energia egy ciklusban

Képzetes rész

ε'' - Vesztességi tényező

Elnyelt energia egy ciklusban

Kalibráció



Nedvességtartalom

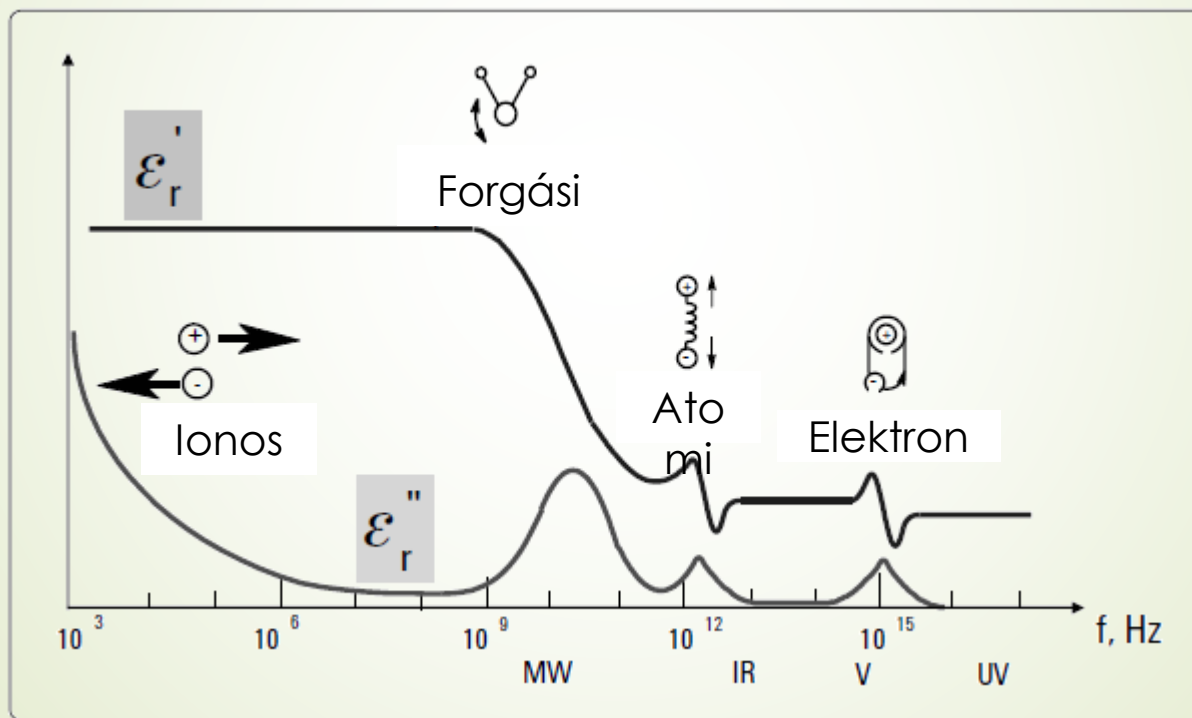
A dielektromos állandó nem állandó

- A mért dielektromos állandó függ
 - **Mérőfrekvencia**

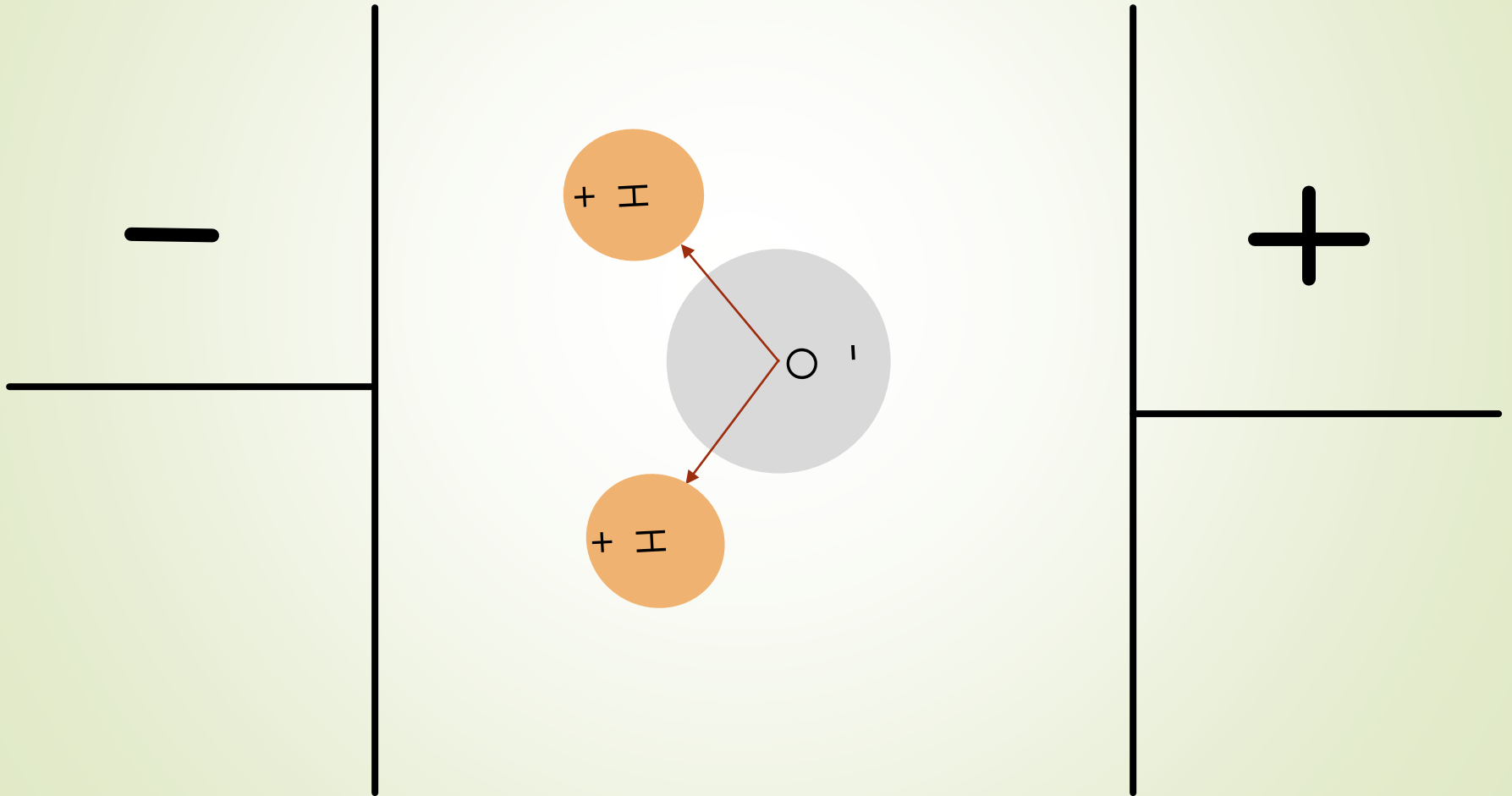
Széles frekvenciatartományban mérnek nedvességet:

- Rádió frekvenciás (0.1-100 MHz)
- VHF/UHF frekvenciás (100 – 1.000 MHz)
- Mikrohullám(1 – 30 GHz)

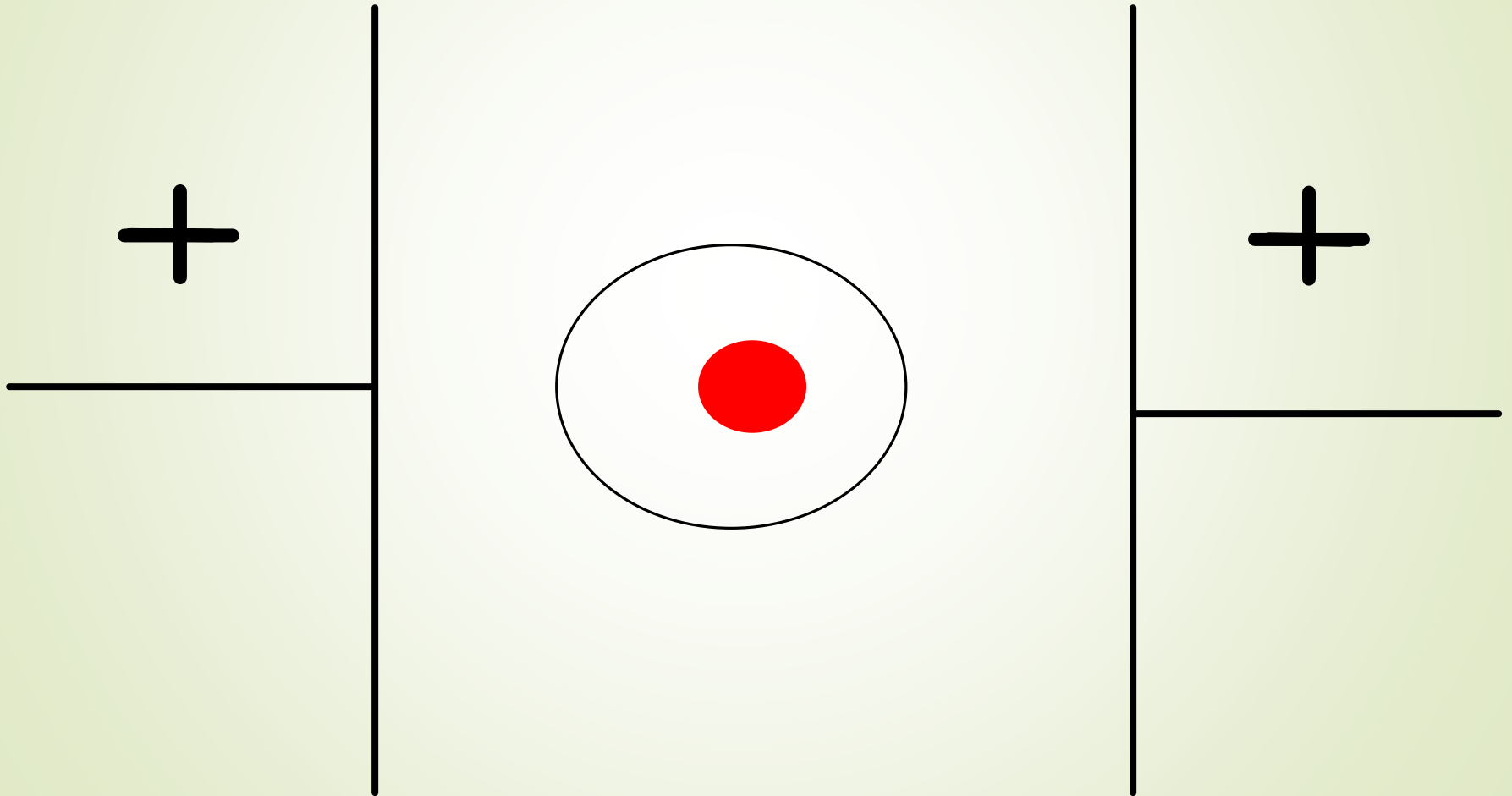
A dielektromos állandó több okból függ a frekvenciától



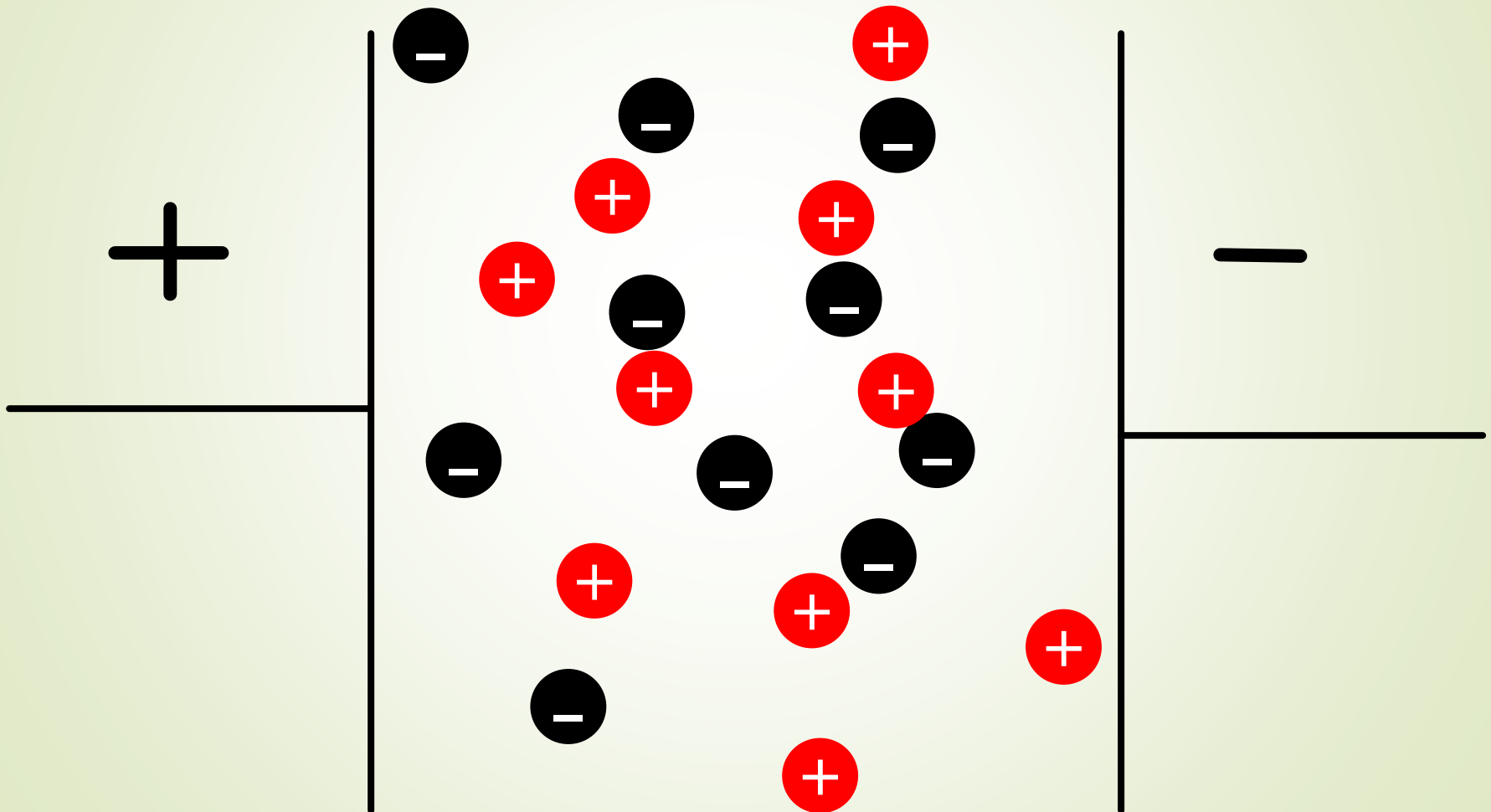
Víz molekula forgása elektromos tér hatására



Nem poláros molekula torzulása elektromos tér hatására (vízen kívüli összetevők)



Töltéshordozók vándorlása a tesztcellában



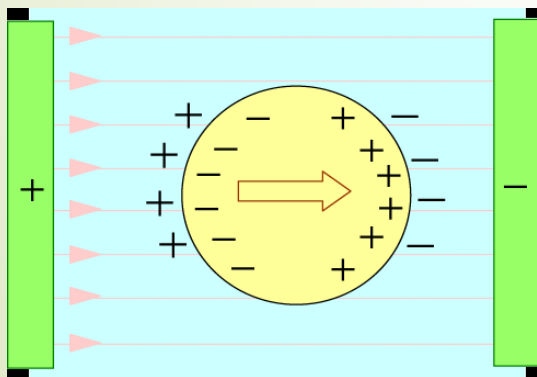
Vezetőképesség hatása az alacsony frekvenciás nedvességmérésre

A magok közti vezetőképesség



A töltéshordozók feltorlódnak, ahol a magok érintkeznek az elektródokkal.

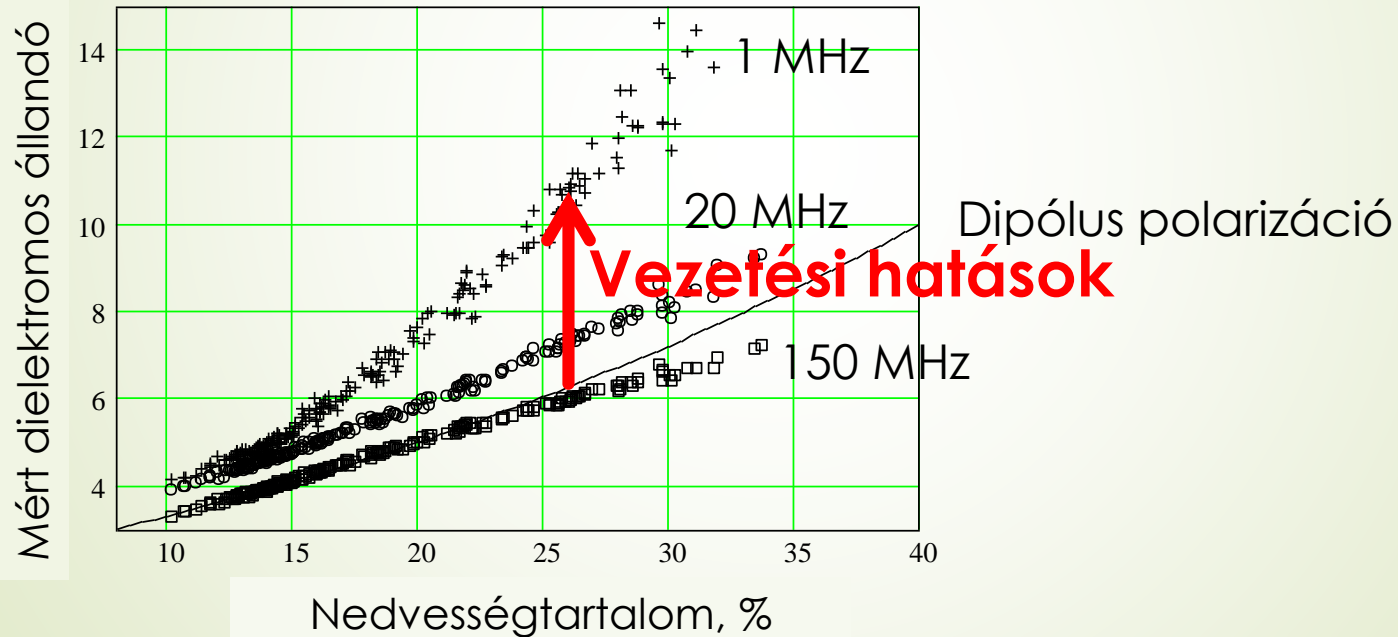
A magokon belüli vezetőképesség



A töltéshordozók feltorlódnak a gabonaszemek határain.

Vezetőképesség hatása az alacsony frekvenciás nedvességmérésre

A 10-20 MHz alatt ezek a hatások erősen dominálnak

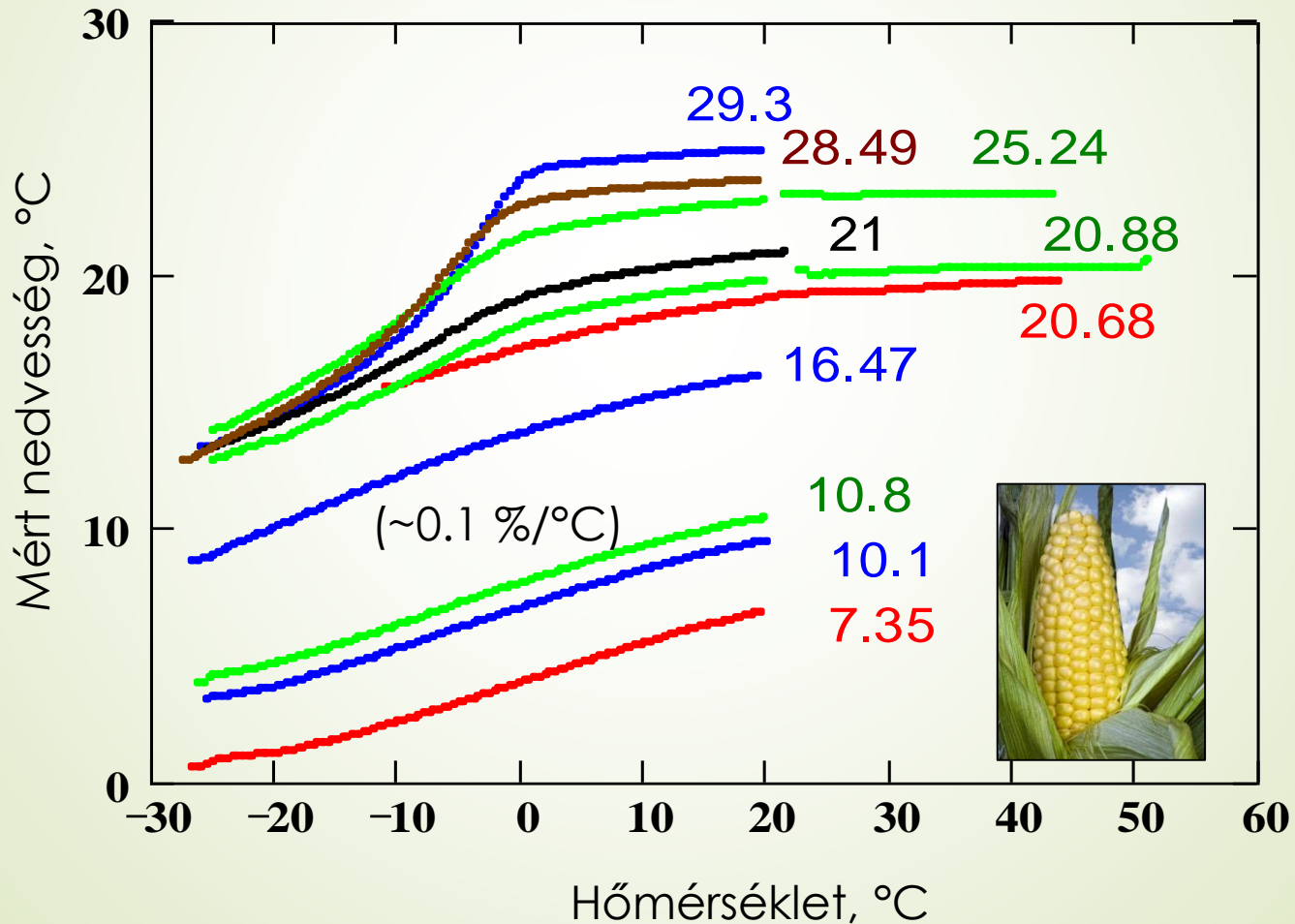


Megnő a mérés bizonytalansága

A dielektromos állandó nem állandó

- A mért dielektromos állandó függ
 - Mérőfrekvencia
 - **Hőmérséklet**

Gabona mért nedvességtartalmának hőmérséklet függése



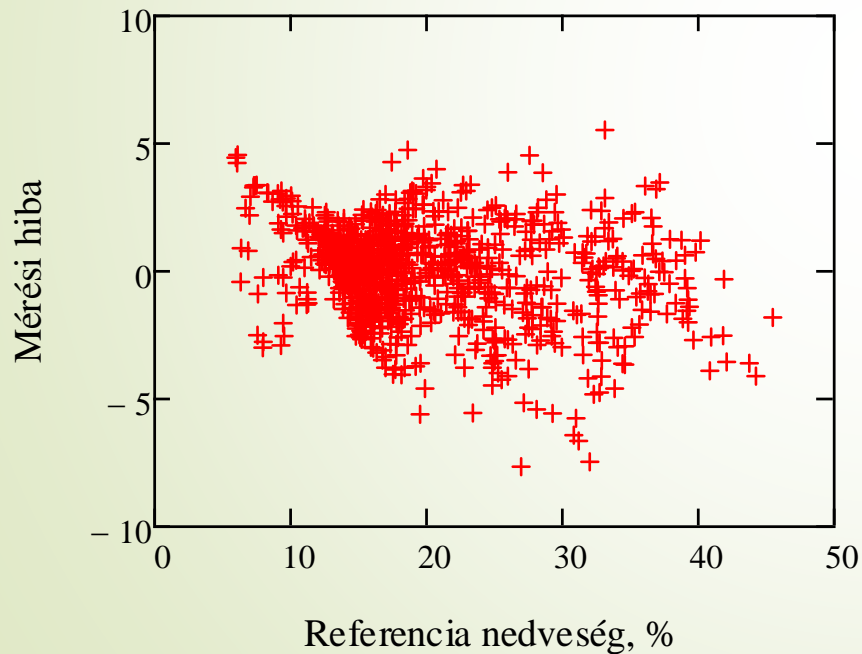
A dielektromos állandó nem állandó

- A mért dielektromos állandó függ
 - Mérőfrekvencia
 - Hőmérséklet
 - **Halmazsűrűség**

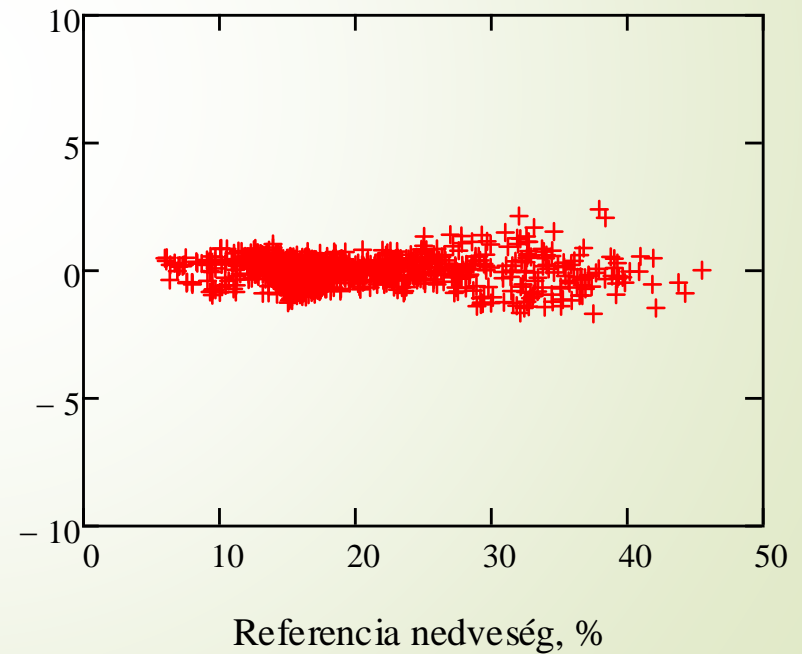
Gabona mért nedvességtartalmának halmazsűrűség függése



Sűrűségkorrekció nélkül



Sűrűségkorrekcióval

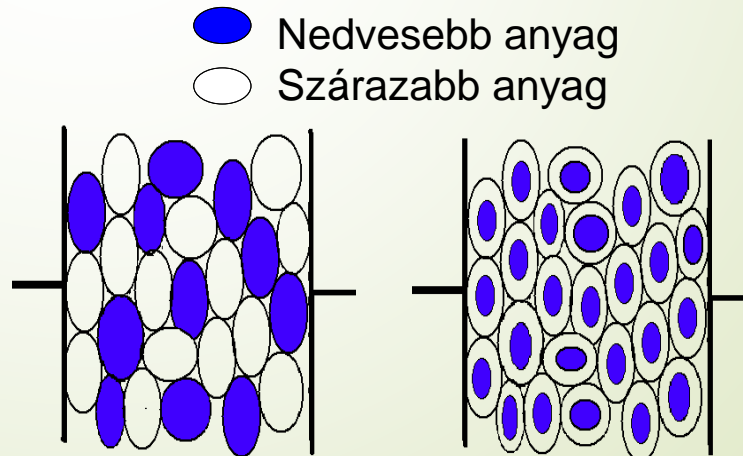


A dielektromos állandó nem állandó

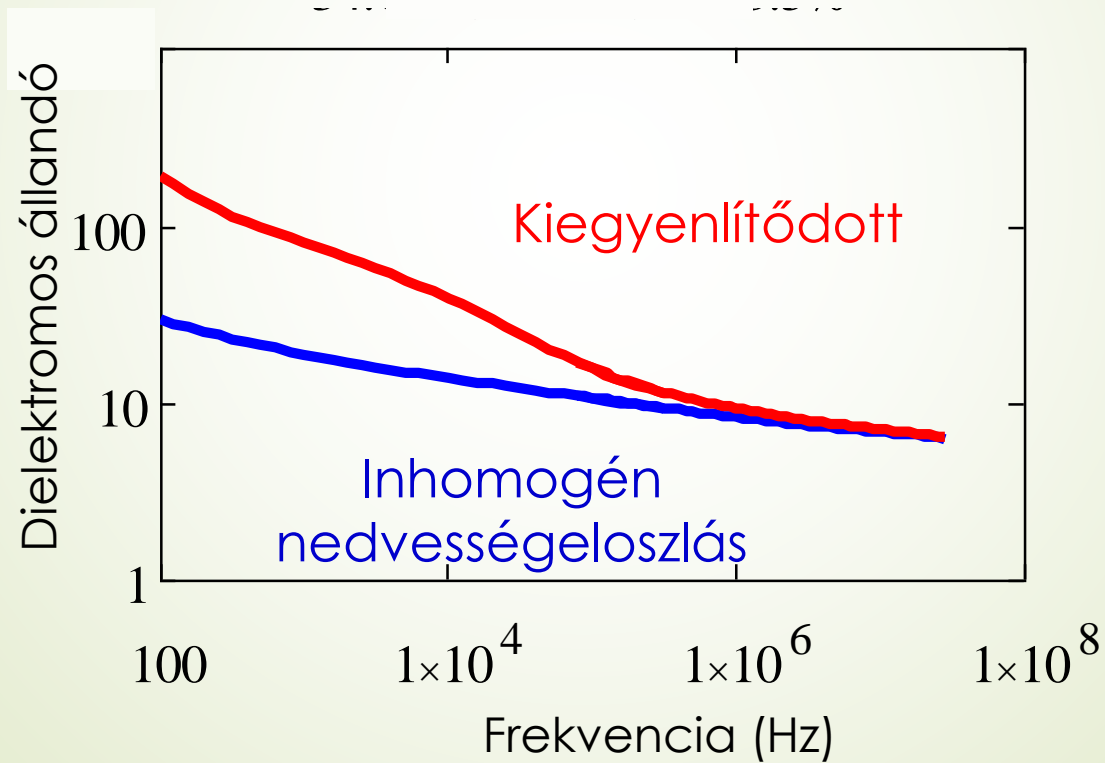
- A mért dielektromos állandó függ
 - Mérőfrekvencia
 - Hőmérséklet
 - Halmazsűrűség
 - A magokon belüli nedvességeloszlástól
 - A magok közti nedvességeloszlástól

Keverés

Szárítás



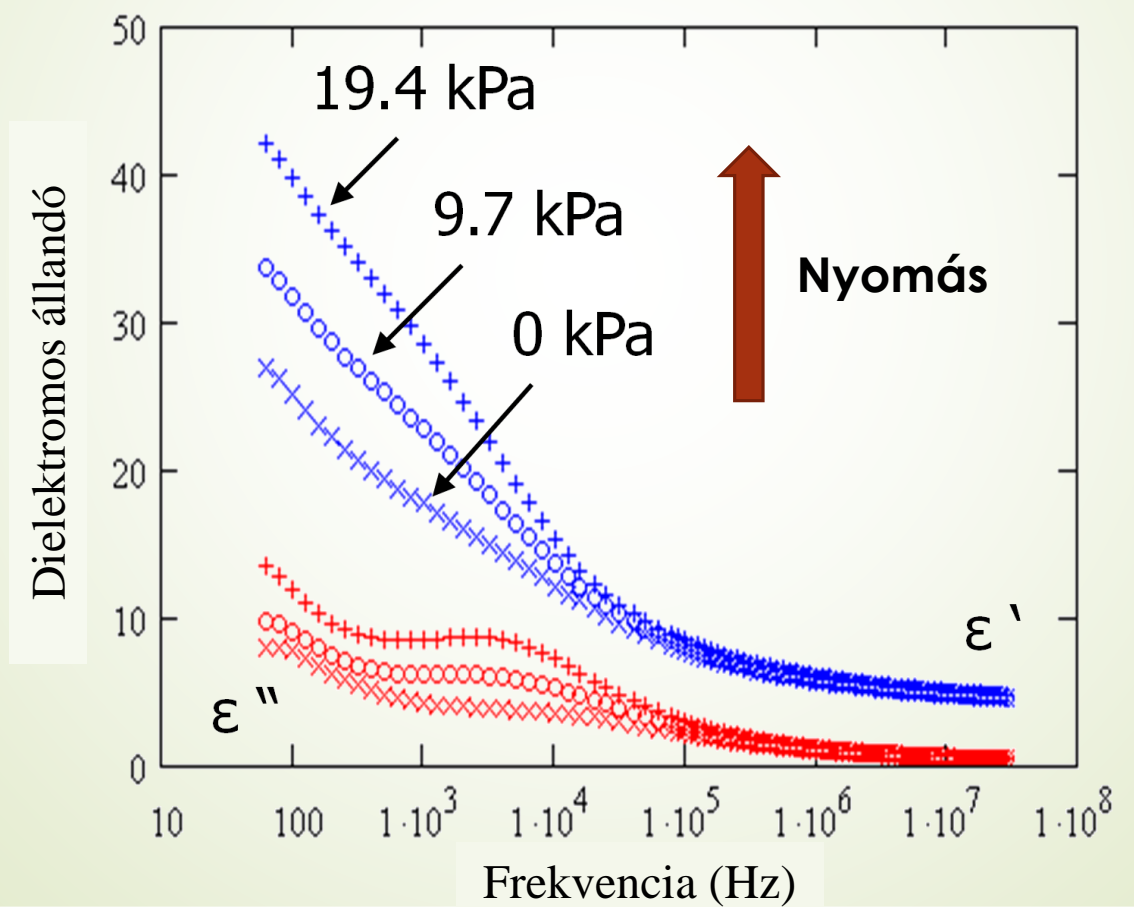
Gabona mért nedvességtartalmának inhomogenitás függése



A dielektromos állandó nem állandó

- A mért dielektromos állandó függ
 - Mérőfrekvencia
 - Hőmérséklet
 - Halmazsűrűség
 - A magokon belüli nedvességeloszlástól
 - A magok közti nedvességeloszlástól
 - **A mintára nehezedő nyomás**

Gabona mért nedvességtartalmának nyomás függése

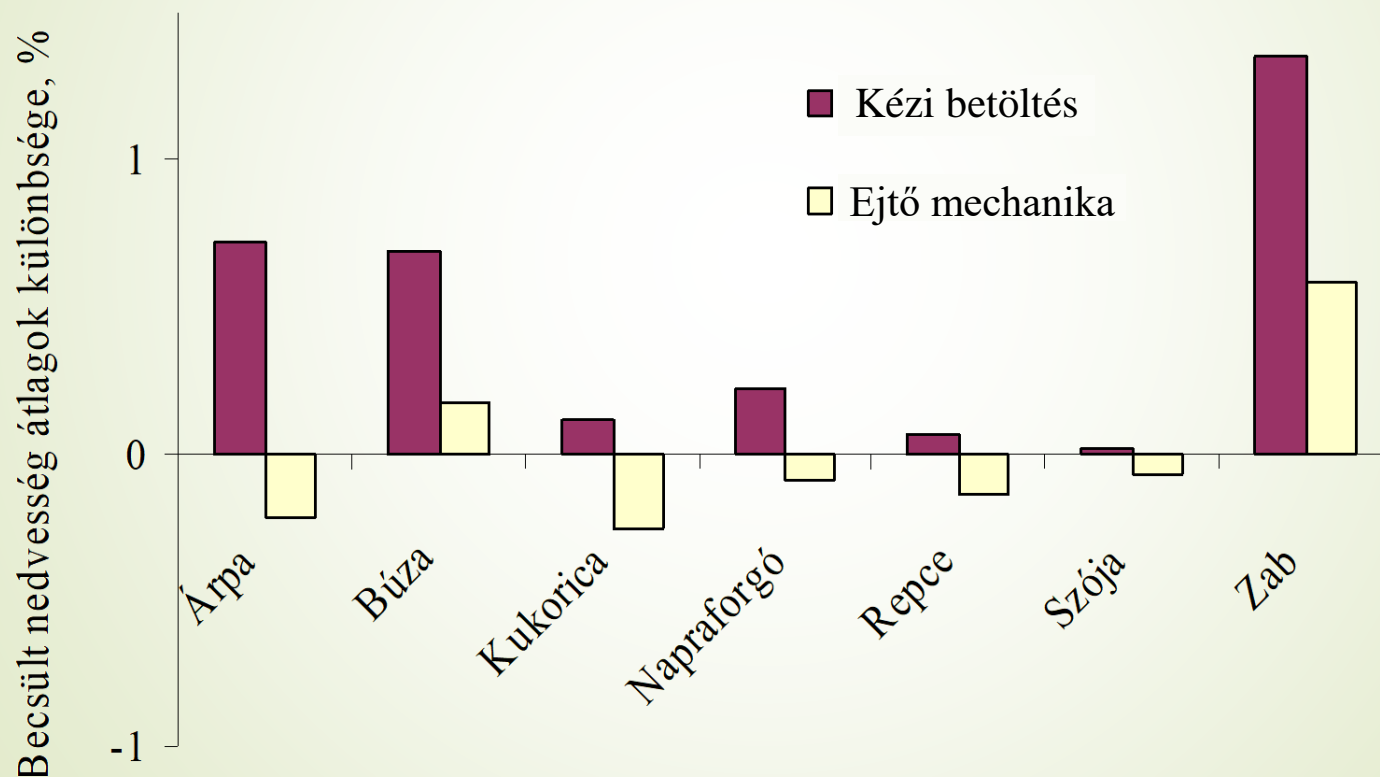


A dielektromos állandó nem állandó

- A mért dielektromos állandó függ
 - Mérőfrekvencia
 - Hőmérséklet
 - Halmazsűrűség
 - A magokon belüli nedvességeloszlás
 - A magok közti nedvességeloszlás
 - A mintára nehezedő nyomás
 - **A betöltés módja, szem orientáció**

Betöltés hatása a nedvességmérésre

A tölcséres betöltéstől való nedvességmérési eltérés



Betöltés hatása

Oldalnézet (árpa)

Tölcséres betöltés



Kézi betöltés



Ejtő mechanika



Felülnézet (zab)

Tölcséres betöltés



Kézi betöltés



Ejtő mechanika



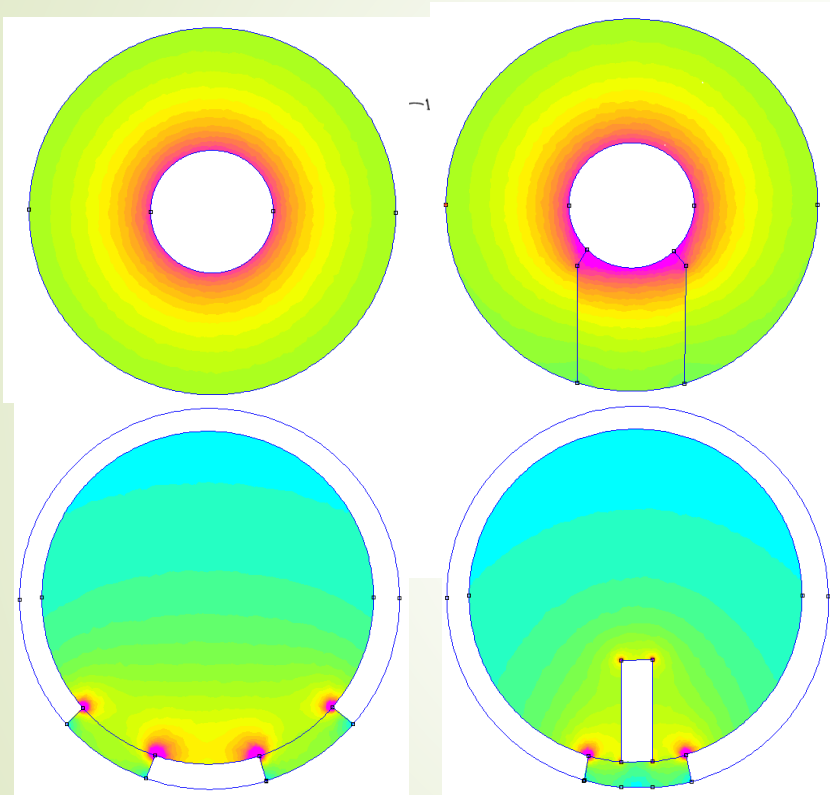
A dielektromos állandó nem állandó

- A mért dielektromos állandó függ
 - Mérőfrekvencia
 - Hőmérséklet
 - Halmazsűrűség
 - A magokon belüli nedvességeloszlás
 - A magok közti nedvességeloszlás
 - A mintára nehezedő nyomás
 - A betöltés fajtájától, szem orientáció
 - **A tesztcella alul- illetve túltöltése**



Nyilvánvaló hiba

Tesztcella geometriájának hatása



Ha nem párhuzamos a tesztcella

Ha csúcsok találhatóak



Egyenetlen elektromos tér eloszlás

Mérési eredmény bizonytalanabb

UGMA avagy Egyesített gabonanedvesség- mérési eljárás



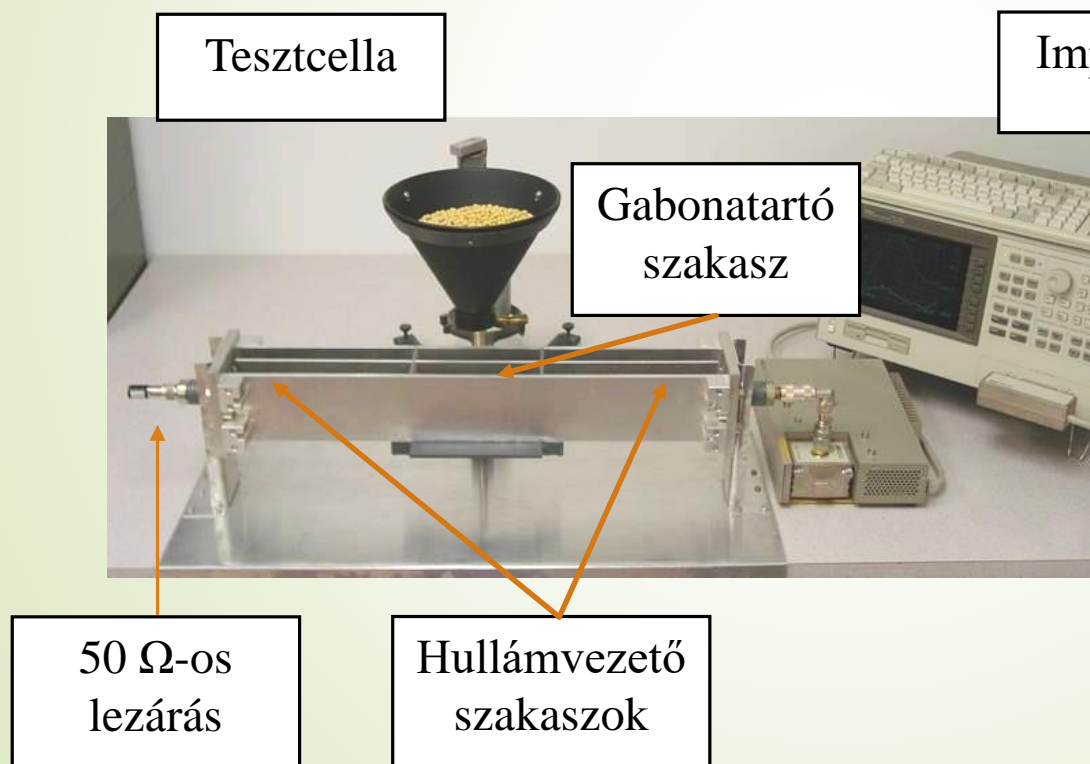
**Perten
Aquamatic 5200
Grain Moisture Tester**



**Dickey John
GAC 2500
Grain Analysis Computer**

UGMA avagy Egyesített gabonanedvesség- mérési eljárás (David B. Funk)

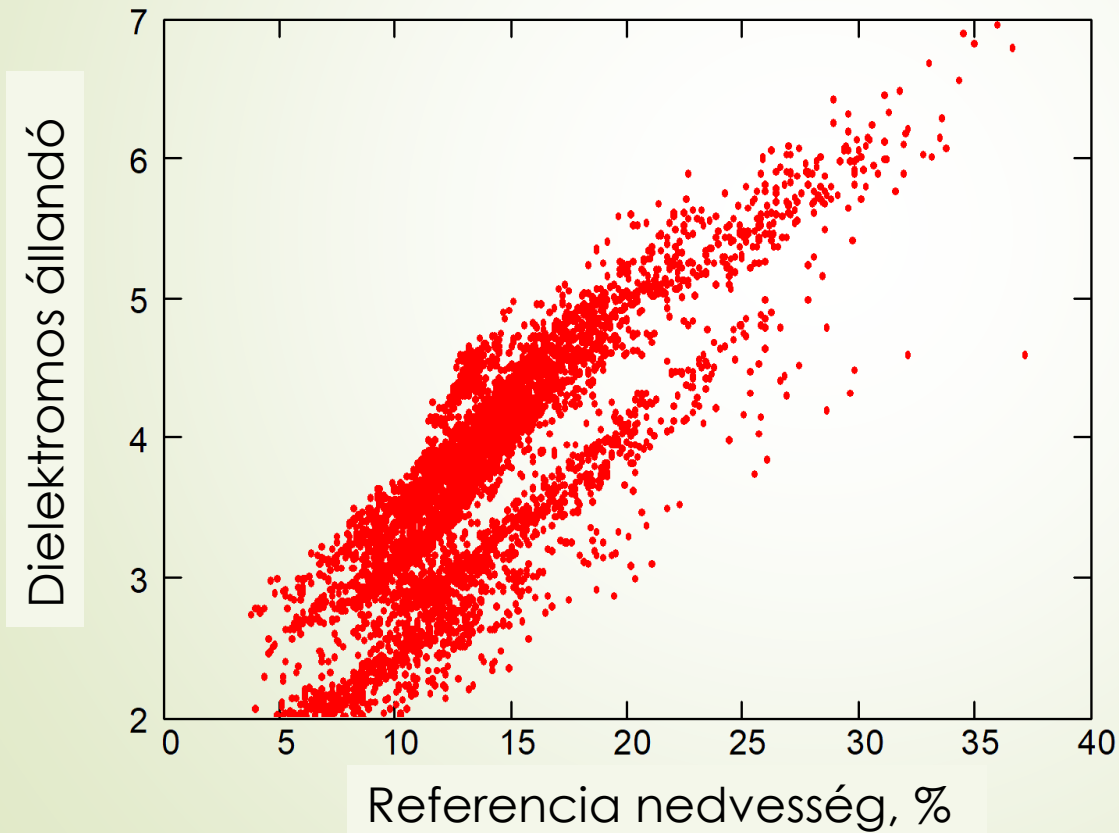
Mérési összeállítás



Frekvencia 149 MHz

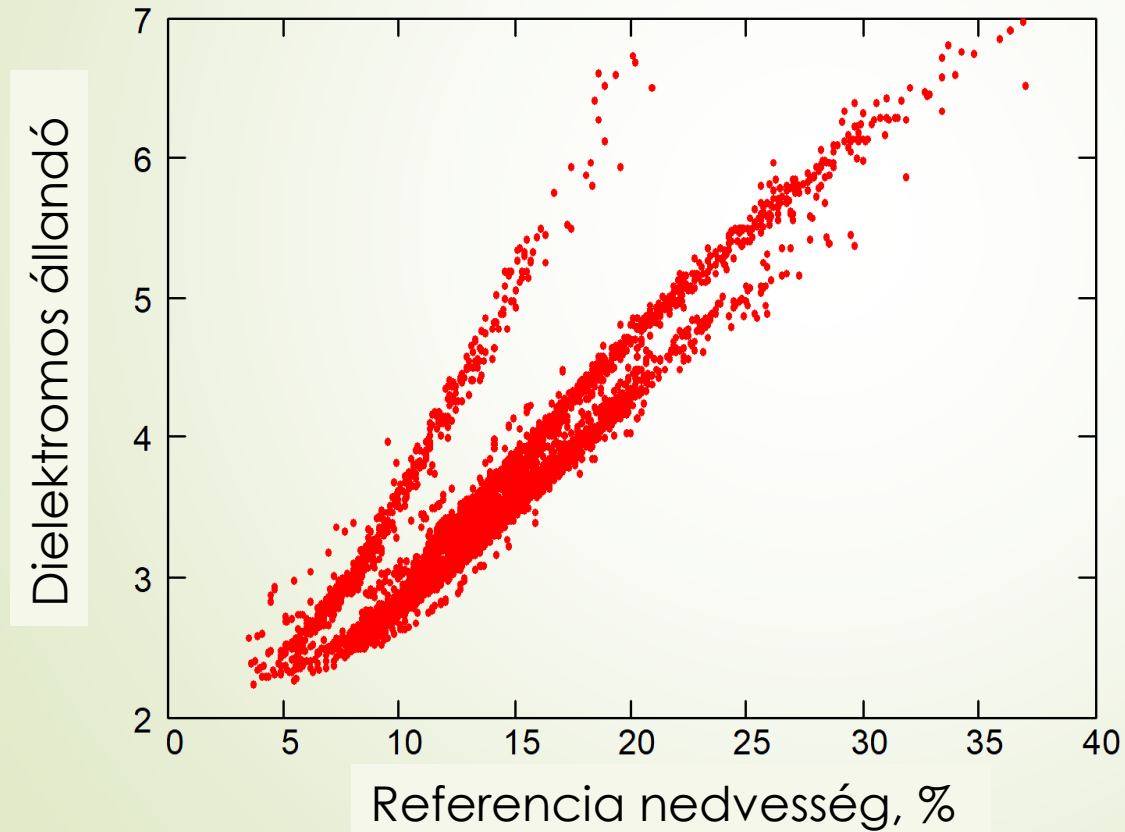
**Pontos dielektromos
állandó meghatározás**

Sűrűségkorrekció



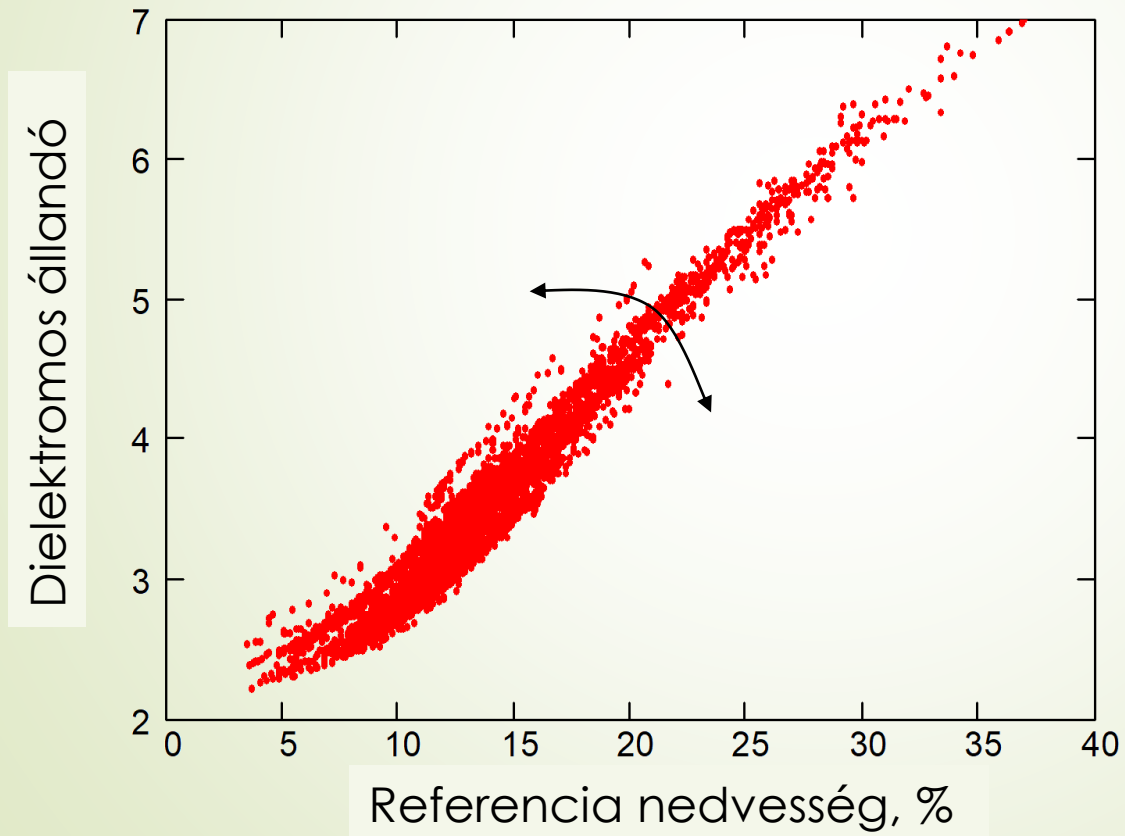
**Korrekción
előtt**

Sűrűségkorrekció



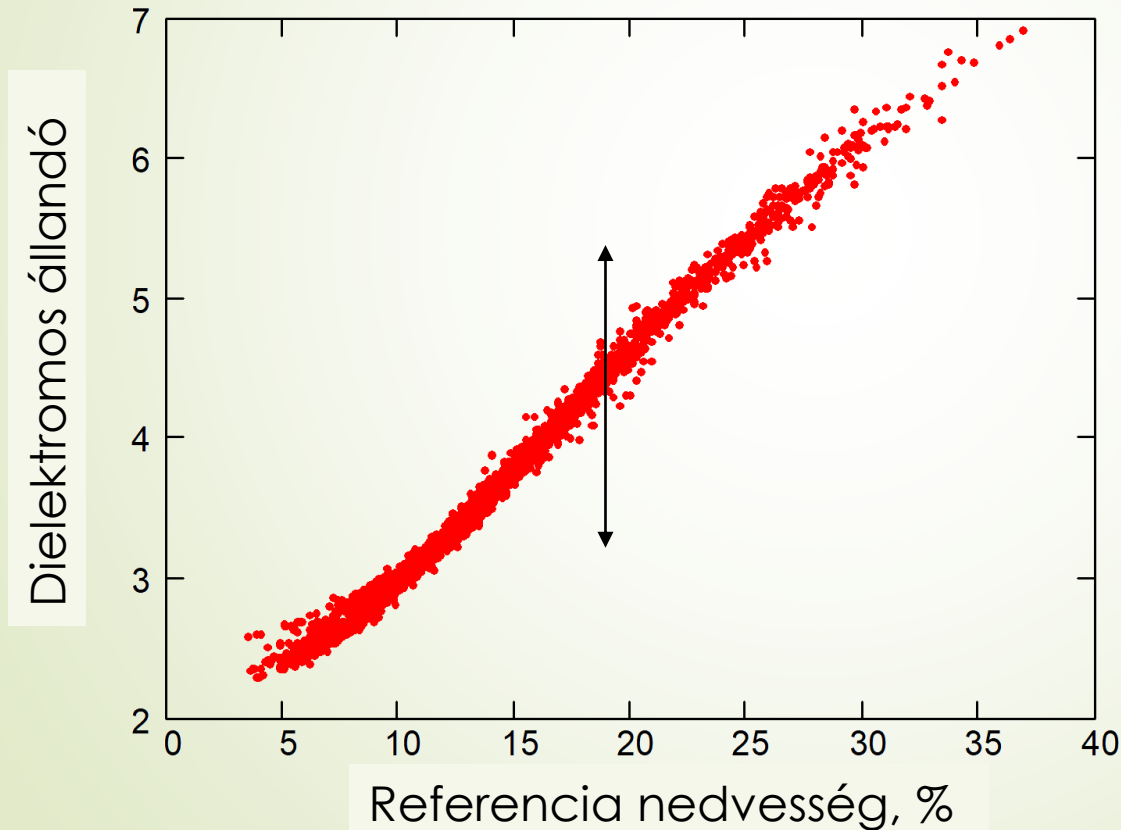
**Korrekción
után**

Egyesítő paraméterek



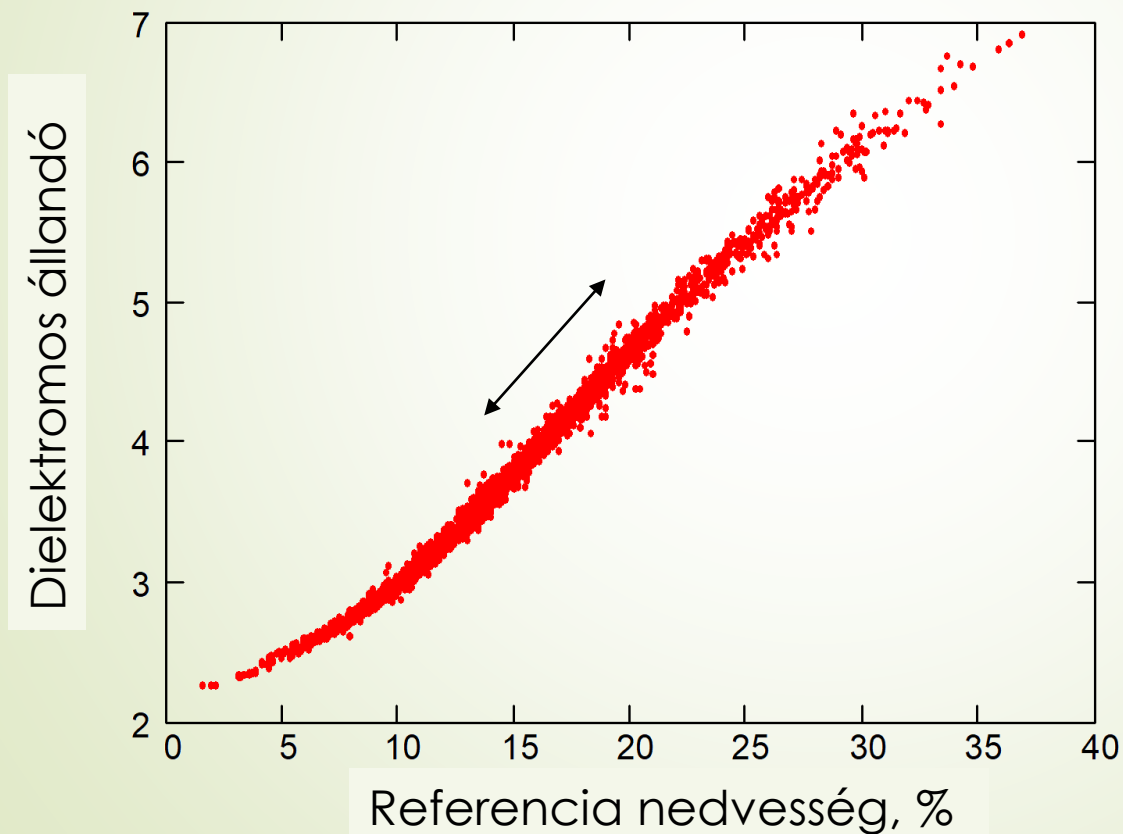
1. Párhuzamosítás

III. Egyesítő Paraméterek



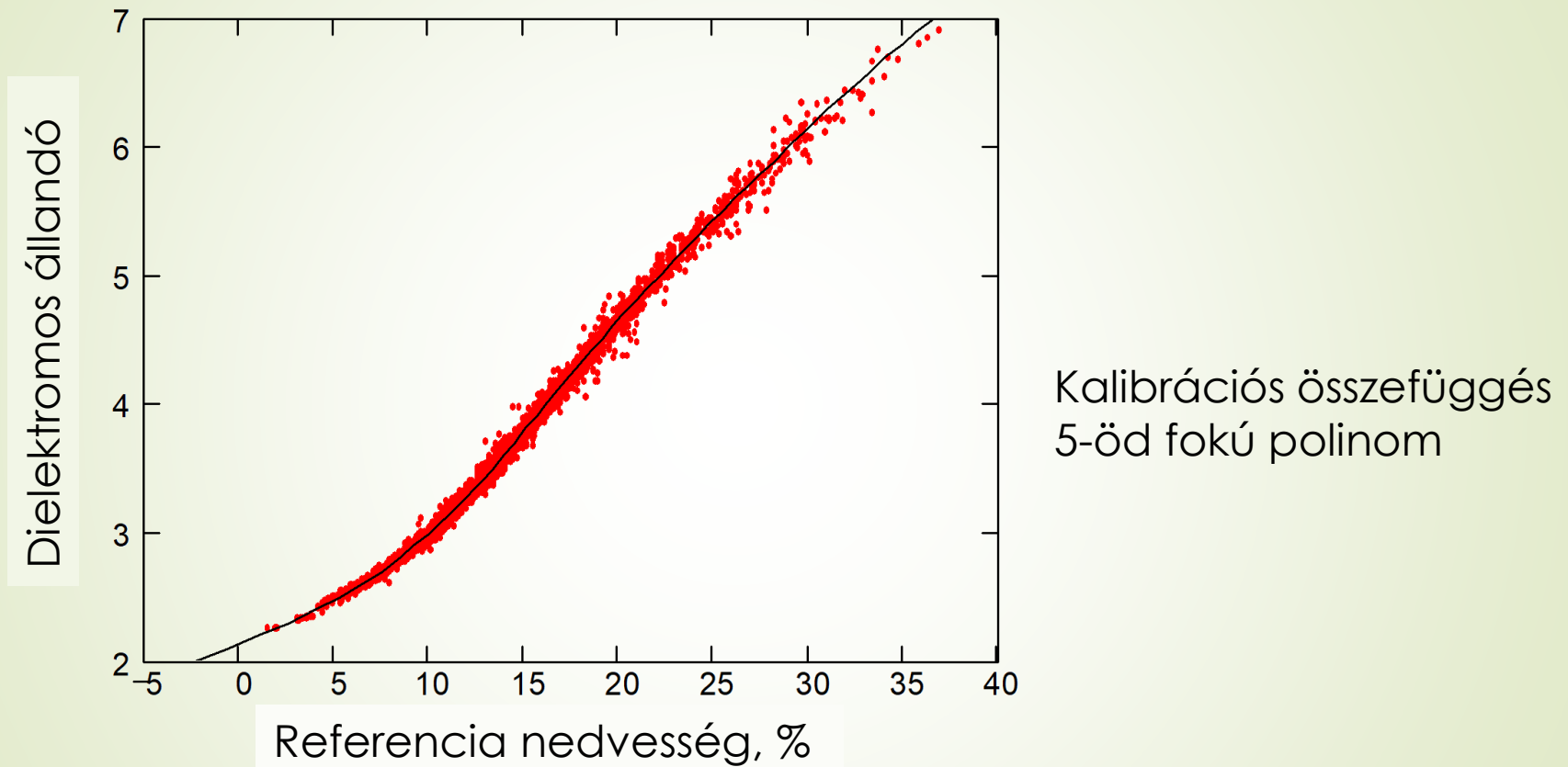
1. Párhuzamosítás
- 2. Függőleges igazítás**

Egyesítő paraméterek



1. Párhuzamosítás
2. Függőleges igazítás
3. **Görbe mentén elcsúsztatás**

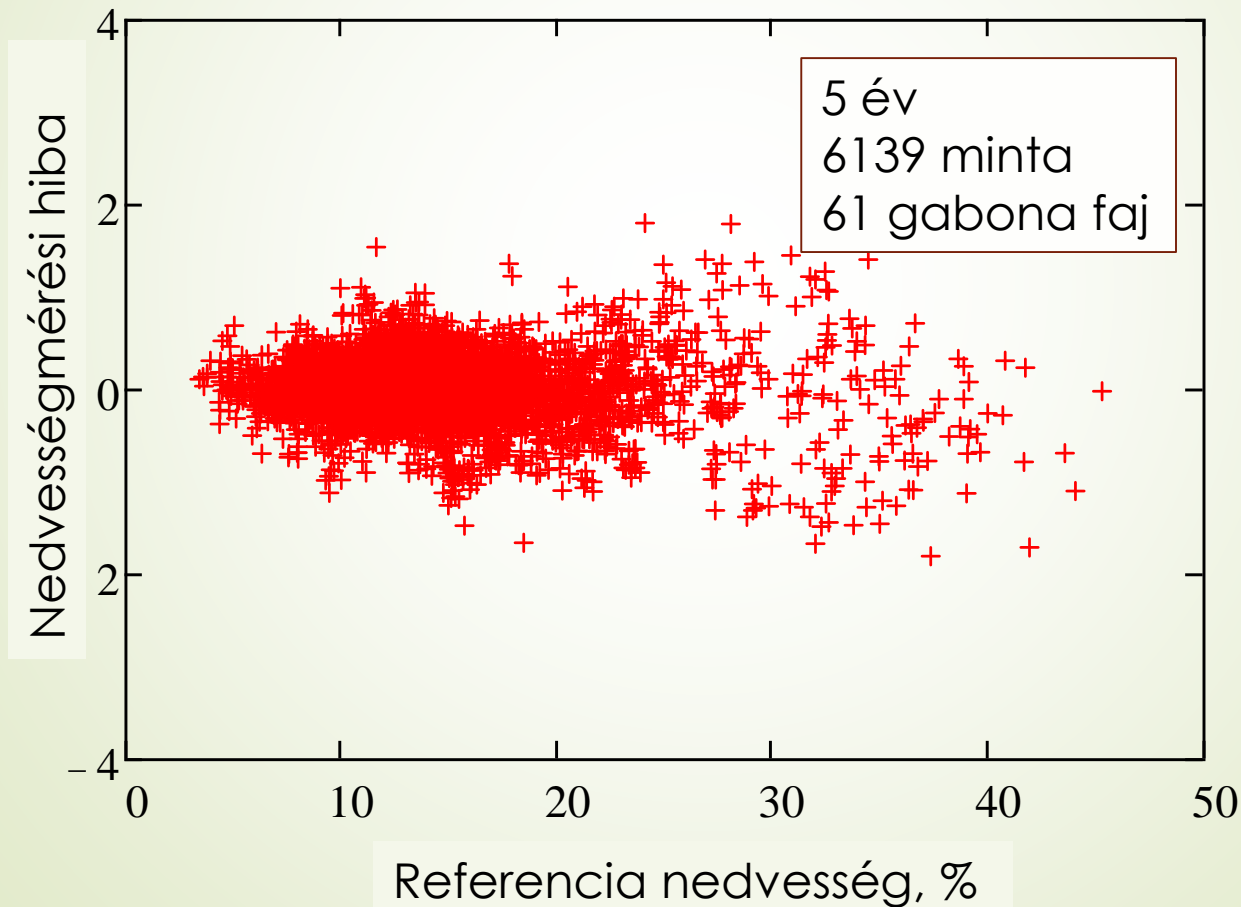
Egy egyesített kalibráció minden gabonára



+ Fejlett hőmérsékletkorrekció, fagyott mintákra is

+ Alacsony minőségű gabona korrekció

UGMA avagy Egyesített gabonanedvességmérési módszer – a recept nyilvános



Aktuális projekt

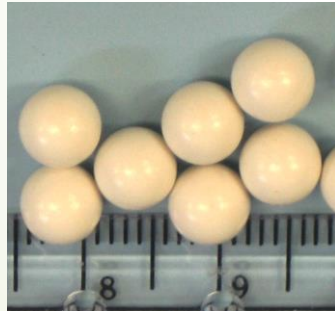
Teszt anyag keresés nedvességmérők állapotának ellenőrzéséhez

Eddig használt anyagok

Üveg golyók



Műanyag golyók



Műanyag szemcsék



Szükség van jobb anyagokra

Köszönöm a figyelmüket!



**Köszönet: Dr. David B. Funk, (Grain Quality Analytics, LLC)
Dr. Mészáros Péter
Dr. Gillay Báborka**